

[論文]

ロボット産業の現状分析

—ロボットメーカーの財務分析への前梯的考察—

長 田 芙 悠 子

〈目 次〉

1. はじめに
2. 産業用ロボットの概観
 - (1) ロボットの定義
 - (2) 産業用ロボットの分類並びに構成要素
3. ロボット産業略史
 - (1) 『産業用ロボット技術発展の系統化調査』の時代区分
 - (2) 『産業用ロボット全史』の時代区分
4. ロボット産業の近年の趨勢
 - (1) ロボット産業の市場動向の瞥見
 - (2) ロボット産業の近年の主要な趨勢
 - (3) 世界の産業用ロボット動向
5. 産業用ロボットに関わる労働安全衛生
6. おわりに

1. はじめに

産業用ロボットは、「人型」ではなく、工作機械の延長上の形態と機能のものであり、製造現場の従業員でなければ、余り身近なものとは言えないかもしれない。それでも誕生から優に半世紀以上を経過しており、アジアでも特に中国では急速に製造現場への導入が増加しているが、日本・米国・欧州（特にドイツ）の先進国経済では成熟段階に入り、飽和状態といつては言い過ぎであろうが、今後余り増加が見込めないのではないか。しかも、中国などは、使用の増加という需要産業の規模・範囲の拡大だけでなく、それらへ供給するロボット産業の成長も著しい。一方、日本のロボット産業の世界的シェアは趨勢的に低下を続けている。半導体産業の二の舞にならないか。半導体産業が、1980年代の隆盛から1990年代に一転して凋落し、21世紀に入って度々復活・再生が期待されながらも、低迷しているのと同様にならないか。その杞憂は「残念ながら」当て嵌まらない。何故か。半導体は「産業のコメ」と言われるように、産業の汎用的なインフラであり、競争が熾烈を極めていますが、残念ながら産業用ロボットにはそれほどの枢要性はないので、開発・製造に懸命に注力し、企業間並びに国・地域間の競争が激化するような分野ではないからである。また、第三次産業あるいは地域・生活での使用が期待される「人に優しい」ソフトロボットの真の実用化はまだ先のことである。これらが、ロボット産業を巡るごく大まかな現況ではないか。

ところで、「人型」ロボットなどは話題にはなるが、その割にロボット産業の業態・業容は余り知られているとは言い難い。期待や物珍しさのバイアスが掛かり、実態を的確に捉えるスタンスが十分に醸成されているとは言い難いのである。それ故、統計的数値に基づく堅牢な把握、並びに個々のロボットメーカーの動向に分け入った分析が必要ではないだろうか。例えば、意外に知られていないことであるが、専業のロボットメーカーは非常に少ないのである。大半は、多角的事業を営む企業がその一環としてロボット事業も行なっている兼業メーカーなのである。あるいは、研究開発が果敢に行なわれて然るべき業種であるにも関わらず、それほど活発に研究開発が行なわれているとは言い得ないのである。設備投資も同様である。本稿は、こうした実態の把握を、統

計的情報の多種多様な利用と共に、財務分析によるアプローチを遂行していくことで達成しようと意図している。先行研究は存外に少ない。従って、このようなアプローチにより、ロボット産業、とりわけロボットメーカーの業態・業容に迫ることは意義を有するものであると確信する。それらを基礎に据えることで始めて、あるべき姿、進むべき方向性、採用すべき企業・業界等の施策を明確化することが可能になるのではないだろうか。そのうち、本稿は、紙幅の都合により、ロボット産業を俯瞰した分析を行ない、ロボットメーカーの財務分析への前梯的考察に留める。

従って、本稿の構成は、2(章)産業用ロボットの概観では、(1)(節)ロボットの定義、(2)(節)産業用ロボットの分類並びに構成要素を概観し、3(章)ロボット産業略史では、(1)(節)『産業用ロボット技術発展の系統化調査』、(2)(節)『産業用ロボット全史』の各々の時代区分に沿って、1970年代から2010年代までを略観し、4(章)ロボット産業の近年の趨勢では、(1)(節)ロボット産業の市場動向を大まかに瞥見した上で、(2)(節)ロボット産業の近年の主要な趨勢、(3)(節)世界の産業用ロボット動向を統計的数値を掲示しながら把握し、5(章)産業用ロボットに関わる労働安全衛生では、産業用ロボットによる労働災害に注意を喚起し、6(章)おわりにでは、分析の纏めと総括的評価、そして今後の課題の提示を行なう。

2. 産業用ロボットの概観

(1) ロボットの定義

日本工業規格 (JIS B 0134:2015) (ISO 8373:2012) によると、ロボットの定義は次の通りである。「ロボットは、二つ以上の軸についてプログラムによって動作し、ある程度の自律性を持ち、環境内で動作して所期の作業を実行する運動機構」である(注記1 ロボットは、制御システム及び制御システムとのインタフェースを含む。注記2 ロボットを産業用ロボット又はサービスロボットに分類するには、所期の用途によるものとする)。

「産業用ロボットは、自動制御され、再プログラム可能で、多目的なマニピュレータであり、3軸以上でプログラム可能で、1か所に固定して又は移動機能をもって、産業自動化の用途に用いられるロボット」である(注

記1 産業用ロボットは、次のものを含む。マニピュレータ（アクチュエータを含む。）。制御装置 [ペンダント及び通信インタフェース（ハードウェア及びソフトウェア）を含む。]。注記2 産業用ロボットは、統合による追加軸を含む¹⁾。

ロボット政策研究会によると、「「市場で必要とされる機能を発揮するために要素技術を統合したもの」という視点から定義することが適当である。さらに、RT（ロボット技術）とITの関係も、明確にすべきと考えた」ので、「ロボット」を、「センサー、知能・制御系、駆動系の3つの要素技術を有する、知能化した機械システム」として、「広く」定義している²⁾。

(2) 産業用ロボットの分類並びに構成要素

西田麻美は、分類方法として、①作業別（塗装／溶接／組立…etc）、②大きさ（小型／中型／大型、可搬重量xkg等）、③駆動源（電動式／油圧式／空圧式）、④座標系（直角座標／極座標／円筒座標／多関節、自由度（軸の自由度）x軸）、⑤運用形態（PTP（Point to Point）制御／CP（Continuous Path）制御）、⑥制御（オンライン／オフライン、起動制御／感覚制御／適応制御／学習制御／遠隔制御）によるものがあるとする。

構成要素は、大別すると、ロボット本体（マニピュレータ側）と制御装置側に分けられる。マニピュレータ側には、①駆動系（アクチュエータ、センサ）、②アーム（マニピュレータ）、③減速機、④機械要素部品、⑤ツール（ロボットハンド：エンドエフェクタ）があり、制御装置側には、⑥制御装置、⑦コントローラ、⑧パソコンがある。制御装置は主に、CPUユニット、サーボユニット、電源ユニットなどで構成されている。コントローラは、ティーチングペンダント、外部と通信する外部機器（代表的なものはPLC（プログラマブルコントローラ）が挙げられる）がある。ネットワークの構造には、工程管理

レベル、コントローラレベル、デバイスレベル、センサーレベルがある³⁾。

3. ロボット産業略史

(1) 『産業用ロボット技術発展の系統化調査』の時代区分
『産業用ロボット技術発展の系統化調査』における、楠田喜宏の調査によると、産業用ロボットは、アメリカで1962年にAMF社（American Machine and Foundry）が「バーサトラン」（Versatran: Versatile Transfer Machine）、ユニメーション社（Unimation Inc.）が「ユニメート」（Unimate）という商品名のロボットを発表し、誕生した。わが国では、1968年に川崎重工業がユニメーション社より「ユニメート」の技術を導入し国産化を行なったことに始まる⁴⁾。

楠田は、2004年時点において、日本のロボット産業の歴史を「揺籃期（1970年代初頭以前）」、「勃興期（1970年代前半）」、「停滞期（1970年代後半）」、「高度成長期（1980年代）」、「バブル崩壊後（1990年代前半以後）」という時期区分で捉えている⁵⁾。

「揺籃期」は、「ロボットの性能が十分でなく、またそれを補完する周辺技術も未開発であり、単純作業しか実現できなかった」し、技術的には座標系として円筒座標系、極座標系、直角座標系という人間が直感的に理解できるものばかりであり、動力源としては油圧、空気圧駆動が採用されていた⁶⁾。

「勃興期」は、「ようやく無人化、省力、省人といった概念が一般社会に浸透し始めた。これに伴って危険作業、重作業を対象に産業用ロボットの実用化が始まった」。「ロボット産業初期の主要市場であるスポット溶接が立ち上がった」。「アーク溶接への適用もスタートしたが、大手の自動車メーカー、建機メーカーの採用に留まった」。「新しい用途として塗装への適用が始まった」。技術的に

1) 日本規格協会（2015）pp.1、2。なお、日本工業規格は2018年に日本産業規格に改称されたが（産業標準化法への改正による）、それ以前に制定・改正されたものなので、旧のままとした。

2) ロボット政策研究会（2006）p.7

3) 西田（2022）pp.24、46、70、17-109

4) 楠田（2004）pp.4-5、小平（2023）pp.12-13

5) 楠田（2004）pp.16-31。なお、産業技術史資料情報センターの調査でも、2003年時点において、日本の産業用ロボットの歴史を「揺籃期（1970年代以前）」、「第1発展期（1970年代前半）」、「停滞期（1970年代後半）」、「展開期（1980年代）」、「成熟期（1990年以降）」と、時期区分名等の違いを除けば、ほぼ同様に捉えている（産業技術史資料情報センター編（2003）pp.50-60）。

6) 楠田（2004）pp.16-19

は「マイクロプロセッサ導入以前のハードウェア論理主体、工作機 NC 技術の流用というレベルから脱却できていない」。「駆動は殆どが油圧サーボが主流であった」。「CP 制御のものは、各座標軸の経路情報を磁気テープにアナログ信号の形で記憶、経路情報を再生して座標軸を制御する NC 装置の初期に用いられている手法を転用するものであった」⁷⁾。

「停滞期」は、「第1次、第2次にわたるオイルショック不況のため、産業用ロボットの売れ行きは停滞し産業用ロボット事業から撤退する企業が相次いだ」。「しかしこの時期に次の発展のための開発を続けた企業もあり、この努力が次の発展期に開花することになる」。技術的には「非サーボ・CP 制御の原始的なロボットはもはや汎用商品としては成立しなくなった」。「それまでの円筒座標系・極座標系から垂直多関節系への移行が始まった。特にアーク溶接や塗装の場合、回り込み性が良いという使い勝手性の向上が評価され、ほとんどが垂直多関節系へ移行した」。「駆動源としては依然として油圧が主流、空気圧も使用されているという状況ではあったが、CP 制御のロボットから電動（DC サーボモータ）への移行がはじまった」。「位置検出に使用されていたポテンシオメータは、断線した場合暴走事故が発生する危険性が認識され使用されなくなり、インクリメンタルエンコーダにほぼ統一された」⁸⁾。

「高度成長期」は、「40年のロボットの歴史の中での最大の変化のひとつとして「電動ロボット化」、すなわちロボットを動かす動力源が油圧や空気圧から電動モータへ置き換わったことが挙げられる。単なる駆動源の電氣化に留まらず制御部も電動モータと親和性の高いエレクトロニクス技術が主体になり、産業用ロボットは完全にメカトロニクス製品となった」。「1980年からロボット産業は急激な立ち上がり始める。1980年が日本の「ロボット元年」と呼ばれる所以である。自動車工業では、スポット溶接、アーク溶接、塗装などはロボットで行われるのが常識になった。組立、艀装といった作業にもロボットが進出した。一方、電子組立作業、小型機械部品組立作業にもロボットが進出した。現在の主力市場である自動車工業、電子組立産業はこの時代に確立された」。「スポット溶接、アーク溶接、小型組立、電子部品組立、塗装、物流……といった産業用ロボット産業の主要用途もこの時代に確立された。高度成長の波に乗ってロボットメーカーは繁忙を極めた」。「低価格・高機能のマイクロプロセッサによって産業用ロボットの機能は飛躍的に高度化されていった。この機能はソフトウェアによって実現される。ソフトウェア開発費が巨大化していった産業用ロボット事業の収益性に大きく影響するようになった。固定費であるソフトウェア開発費をどのように回収していけるか、従来と異なった事業運営、市場政策が必

図表 1 ロボット産業略史

時代区分	楠田史観	小平史観	主要な特徴等
1970年代初頭以前	揺籃期	黎明期(1980年ロボット普及元年迄)	単純作業の実現
1970年代前半	勃興期		危険作業、重作業の実用化
1970年代後半	停滞期		第1次、第2次オイルショックによる停滞
1980年代	高度成長期	初期成長期	電動ロボット化等飛躍的高度化により、ロボットメーカーは繁忙を極めた
1990年代	バブル崩壊後(1990年代前半以後)	成長停滞	海外輸出は伸びたが、事業からの撤退等も多かった
2000年代		グローバル化	輸出依存型、生産システムの価値向上に方向転換
2010年代		中国市場の急拡大	中国製造業の急成長による需要急増

(出典：楠田 (2004) pp.16-31、小平 (2023) pp.10, 12-175)

7) 同上 pp.19-21

8) 同上 pp.21-24

要になってきている」。技術的には「マイクロプロセッサ制御、DC サーボモータ駆動の垂直多関節系、または水平多関節系にほぼ統一された」⁹⁾。

「バブル崩壊後」は、「激減した国内需要に対応するため従来製品の競争力強化のためコストダウン、機能アップの懸命な努力が行われこれが日本ロボット産業の体質強化に大きく寄与した。国内市場に代わる海外への輸出が大きく伸びたのにはこれが大きく貢献した。「しかしその一方で、従来のような安易な取り組みでは事業を継続できないとして、ロボット事業からの撤退、自社製造の断念・他社からの OEM 供給への切り替え、システム事業への特化、過去のライバル企業との連携・共同事業などの生き残りのための努力が行われた。「特記すべき変化としては、新世代 AC サーボモータの採用、リンクレス関節埋め込み構造の普及、マイクロプロセッサの活用による制御性の向上、現代制御理論の適用、コストの大幅な低下、IT に対する対応などがあげられる」¹⁰⁾。

(2) 『産業用ロボット全史』の時代区分

『産業用ロボット全史 自動化の発展から見る要素技術と生産システムの変遷』において、小平紀生は、2023年時点において、産業用ロボット発展史を1980年の「ロボット普及元年」に至るまでの「黎明期」、「初期成長期(1980年代)」、「成長停滞(1990年代)」、「グローバル化する産業ロボット市場(2000年代)」、「中国市場の急拡大による世界市場の急成長(2010年代)」という時期区分で捉えている。1970年代迄を一括りの「黎明期」とする点は楠田らと異なるが、1980年代及び1990年代の捉え方はほぼ同様であり、楠田らが調査時点の制約で捉えられなかった2000年代及び2010年代をも射程に入れている。

2000年代は、「生産機械としてのロボットの価値を高めることで競争力を発揮してきた時代から、ロボットの活用で実現する生産システムの価値を高めることで競争力を発揮するという方向に転換しはじめた時代となり」、そして「ロボット産業がアジア製造業の需要拡大に伴う輸出依存型へ変化していったことは、産業用ロボットの市場の拡大という点では望ましい」が、「国内需要が年代を追うごとに低下する傾向にあることは、日本の製造

業の設備投資意欲の低さを反映しており」、「行く末を案じざるを得」ない、とする。特徴的には、成長停滞(年間8万台規模)、アジア市場を中心とした輸出拡大(輸出比率50%)が挙げられる。

2010年代は、「中国製造業の急成長を背景として産業用ロボットの中国需要が急増し、日本の産業用ロボット業界としては待望の市場成長期となり」、「ロボットの適用分野は、依然として自動車産業が大きなウェイトを占めてい」るが、「電機電子系産業の構成比が増加傾向にあり」、「中国製造業をけん引する電機電子系産業の旺盛な設備投資意欲を反映し」ているが、「一方では中国製ロボットの普及開始など、ロボット産業の新たな競争の構図が現れてきた時代でもあり」、「過去の日本の一人勝ちは、日本が最大の需要国であったことも大きな要因」であったが、「市場のグローバル化は競争のグローバル化につながることは必然」である、とする。特徴的には、年間20万台規模まで急成長、中国需要を中心とした輸出依存型産業への変貌(輸出比率75%)が挙げられる¹¹⁾。

これらから見ることができるのは、ロボット産業の努力による技術的発展並びに適用分野の拡大は確かにあったが、他の業界・業種を牽引するほどの影響力はなく、経済全般の動向に左右されて、浮沈した様相が顕著である。

4. ロボット産業の近年の趨勢

(1) ロボット産業の市場動向の瞥見

ロボット産業の市場動向に関して、経済産業省のロボットによる社会変革推進会議の報告書により一瞥する。世界の動向としては、①「世界の産業用ロボット販売台数は2013年から2017年の5年間で2倍に増加。今後も年平均14%増の見込み」。「日本は世界一のロボット生産国。販売台数のシェアは90年代の9割程度よりは低下したものの、世界のロボットの6割弱が日本メーカー製(約38万台中21万台)」。「従来、自動車産業がロボットの最大の導入先。近年は、電機・エレクトロニクス産業でも増加。他方、食品等の三品産業では導入が進まず」(三品産業とは食品・医薬品・化粧品の産業のこと)、とのこ

9) 同上 pp.24-28

10) 同上 pp.28-31

11) 小平(2023) pp.11-175

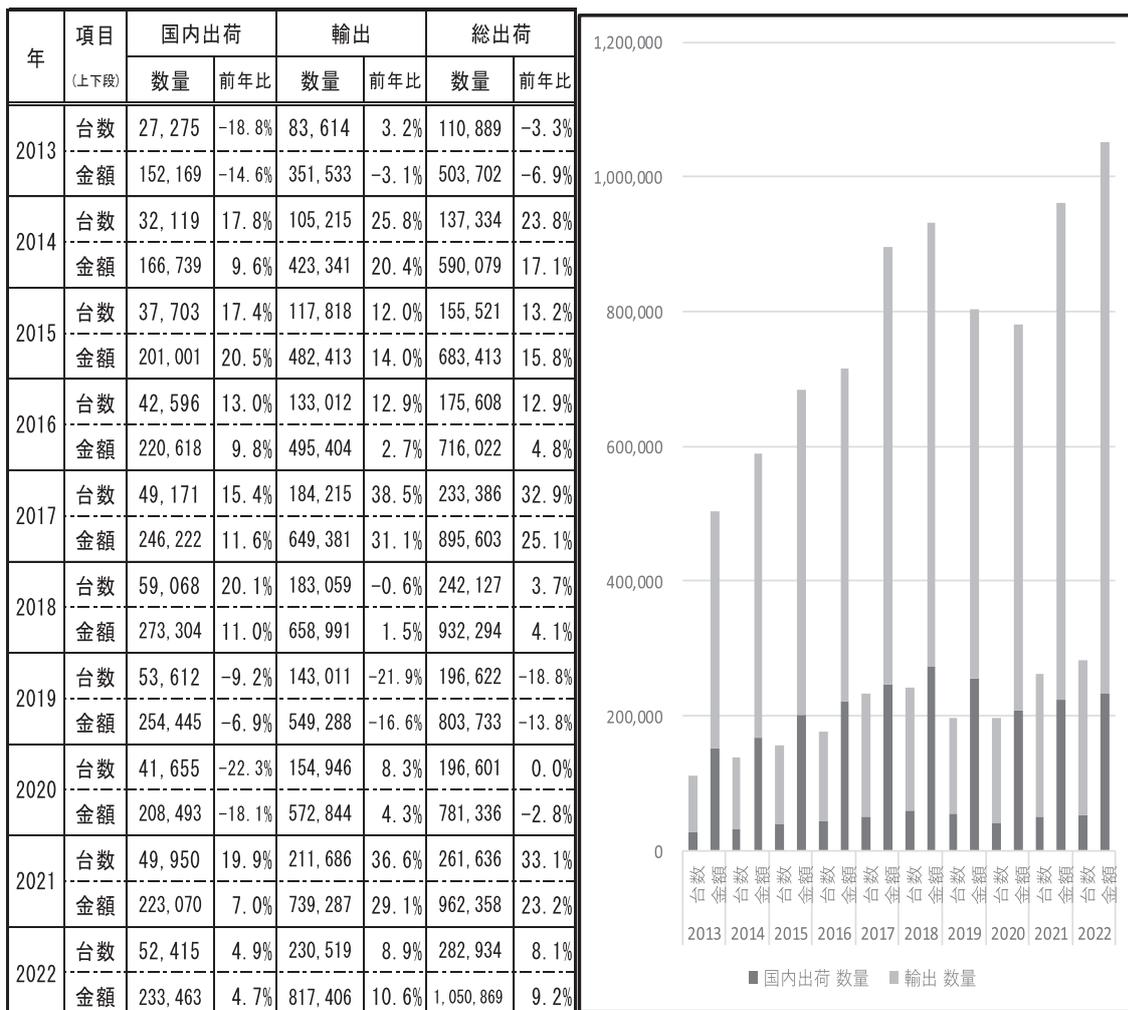
とである¹²⁾。

②「ロボットの導入台数を地域別にみると、中国の伸び率が他国を圧倒」。「日本のロボットの導入密度（従業員10,000人当たりの導入台数）は、2012年から2017年にかけて、332台から308台へ推移しほぼ同数。順位については、2位から4位へ低下」。産業用ロボットの導入台数の上位の国・地域（2012年→2017年（伸び率））は、日本28,680台（1位）→45,566台（2位）（+58.9%）、北米26,269台（2位）→43,529台（3位）（+65.7%）、中国22,987台（3位）→137,920台（1位）（+500.0%）、韓国19,424台（4位）→39,732台（4位）（+104.6%）、ドイ

ツ17,528台（5位）→21,404台（5位）（+22.1%）である。導入密度の上位は、韓国（1位）710台、シンガポール（2位）658台、ドイツ（3位）322台、日本（4位）308台、スウェーデン（5位）240台である¹³⁾。

日本製ロボットに関しては、「総出荷台数のうち8割が国外向け（国外の3割以上が中国向け）」。2007年→2017年の台数実績（2017/2007比）を見ると、総出荷台数は80,999台→211,713台（261%）、全輸出台数（さらに他国に出荷される間接輸出を含む）は44,931台→166,493台（371%）、中国には5,360台→61,399台（1,145%）、アメリカには13,859台→35,615台（215%）、ドイツには8,847

図表2 ロボットの国内出荷・輸出推移（2013～2022年）



（出典：日本ロボット工業会編（2023）p.6、単位：金額（百万円）、台数（台））

12) 社会変革推進会議（2019）p.1

13) 同上 p.2

台→20,375台 (287%)、韓国には6,122台→11,691台 (237%)、台湾には3,250台→7,705台 (333%)、ベトナムには93台→7,702台 (8,282%)、スウェーデンには2,447台→4,158台 (170%)、シンガポールには162台→4,080台 (2,519%)、タイには1,240台→2,878台 (232%)、マレーシアには306台→2,580台 (843%)、インドには750台→2,118台 (282%)である¹⁴⁾。

中国市場の動向としては、「中国の産業用ロボットは、2012年から6年間で需要が約6倍に増加。約4割は日本製ロボット」。「過去6年間で、中国製シェアが13%から27%に2倍増加。日本製シェアは65%から44%へ減少」。「中国製ロボットの課題は、キーパーツの輸入依存とシステムインテグレート経験の不足。「中国製造2025」等で、キーパーツの国産化（減速機等）、システムインテグレートの強化に取り組んでいる」。中国市場における需要及びシェアの推移（2012年～2017年、台数（シェア））は、中国製が3,000台（13%）→9,600台（26%）→17,000台（30%）→22,257台（32%）→29,144台（33%）→37,800台（27%）、日本製が14,892台（65%）→18,785台（51%）→27,214台（48%）→28,763台（42%）→36,395台（41%）→61,400台（44%）、他国製が5,095台（22%）→8,175台（22%）→12,882台（23%）→17,536台（26%）→23,453台（26%）→41,800台（29%）である¹⁵⁾。

（2）ロボット産業の近年の主要な趨勢

日本ロボット工業会の『ロボット産業需給動向 2023年版（産業ロボット編）』によると、ロボットの国内出荷・輸出推移（2013～2022年）は、図表2の通りであるが、国内出荷は台数・金額とも3カ年が前年比で減少しているが、10カ年を通すと、台数では92.2%、金額では53.4%増加している。増加率からすると、1台当たりの価格は低下傾向にあることになる。輸出は台数・金額とも2カ年が前年比で減少しているが（但し、2019年以外は異なる年次である）、10カ年を通すと、台数では175.7%、金額では132.5%増加している。増加率からすると、1台当たりの価格はやはり低下傾向にある。また、総出荷に占める比率では、輸出が台数では75.4%から81.5%へ、金額では69.8%から77.8%へ増加しており、直近では両

者とも80%前後を占めていることになるが、増加率では金額の方が多けれども、総出荷比率では金額の方が低いということは、1台当たりの価格が国内出荷より輸出の方がやや安価であることを示している。なお、2019年ないし2020年の落ち込みは、コロナ禍の影響であろうが、国内出荷はピーク時の2018年から2022年に到っても回復し得ていないが、輸出は早くも2021年には回復し得ており、2022年には新たなピークとなっている。

（2-1）需要産業別のロボット国内出荷推移（2013～2022年）

需要産業別のロボット国内出荷推移（2013～2022年）は、図表3の通りであるが、非製造業の数値も得られるようになった2015年と2022年の対比（推移）を見てみる。中間年の変動もあり（前述したコロナ禍の影響を含む）、また台数ベースと金額ベースの増減の多少もあるが、実勢をより示していると思える台数ベースで主として見ることにする。

各需要産業が全産業に占める比率を算出して示すと、金属製品5.2%→5.2%、機械7.6%→9.9%、電気機械36.0%→39.5%、自動車30.3%→24.0%、食料品1.8%→1.7%、化学工業0.7%→0.7%、プラスチック3.0%→2.1%、その他製造業14.8%→16.2%、非製造業0.4%→0.8%、と推移している。電気機械と自動車が圧倒的であり、両産業を合わせると60%を遥かに超えており、電気機械は比率を更に増しているが、自動車は比率が減少している。機械とその他製造業の増加が顕著であり、非製造業も多少増加している。逆に、プラスチックは相当減少しており、台数ベースでも70台減少している（但し金額ベースでは増加している。なお、ここでは割愛している2013年と2014年からすると、台数・金額ベースとも半減に近い）。比率的には横ばいないし減少していても、全般的に台数ベースでは増加傾向にある中で、唯一台数ベースでも減少した産業である。食料品が台数ベースで増加しているが、比率的には減少しており、化学産業が台数ベースで増加しているが、比率的には横ばいであることなどは、別途の立ち入った検討が必要であろう。非製造業は、比率的には多少増加し、台数ベースでは変動がありつつ増

14) 同上 p.3

15) 同上 p.4

図表3 需要産業別ロボット国内出荷推移（2013～2022年）

年	項目 (上下段)	金属製品	機械	電気機械	自動車	食料品	化学工業	プラスチック	その他 製造業	非製造業	計
2013	台数	1,052	1,010	10,581	8,041	791	271	2,146	3,383		27,275
	金額	5,623	3,676	73,261	37,879	5,463	1,348	8,442	16,477		152,169
2014	台数	1,459	1,551	10,169	10,666	762	400	2,786	4,326		32,119
	金額	8,673	5,230	66,954	49,105	6,512	1,835	9,716	18,712		166,739
2015	台数	1,972	2,875	13,584	11,432	663	277	1,147	5,598	155	37,703
	金額	11,548	15,377	80,365	53,464	6,656	1,735	4,417	24,573	2,866	201,001
2016	台数	1,881	3,287	13,904	14,498	839	411	1,247	6,315	214	42,596
	金額	12,858	17,936	76,847	65,078	8,480	2,032	5,172	28,692	3,522	220,618
2017	台数	2,571	3,895	18,707	14,650	865	319	1,264	6,613	287	49,171
	金額	14,469	18,582	97,710	65,376	8,591	1,647	5,101	30,762	3,983	246,222
2018	台数	3,544	4,987	20,619	17,889	1,243	441	1,418	8,609	318	59,068
	金額	15,083	22,677	100,951	76,501	10,049	2,221	5,921	36,207	3,696	273,304
2019	台数	3,315	4,048	18,338	17,481	1,017	415	1,295	7,275	426	53,612
	金額	15,614	19,876	92,476	75,046	9,288	2,221	5,319	30,744	3,861	254,445
2020	台数	2,080	3,588	15,466	12,226	931	376	1,066	5,534	388	41,655
	金額	12,190	19,735	74,144	59,742	7,627	2,279	5,014	24,114	3,649	208,493
2021	台数	2,376	4,229	18,737	13,515	847	356	2,111	7,338	441	49,950
	金額	13,011	19,269	81,820	61,109	6,750	2,004	6,667	30,212	2,229	223,070
2022	台数	2,734	5,164	20,707	12,579	883	374	1,077	8,499	398	52,415
	金額	12,003	23,018	95,549	54,180	7,049	2,054	4,990	32,637	1,983	233,463

(出典：日本ロボット工業会編（2023）p.8、単位：金額（百万円）、台数（台））

加傾向にはあるが、2021年と2022年には金額ベースでは大きく減少しており、この分野への浸透・拡大は今後に期するしかないようである。ちなみに、2022年の台数ベースでの比率を算出した多寡の順位は、①電気機械39.5%＞②自動車24.0%＞③その他製造業16.2%＞④機械9.9%＞⑤金属製品5.2%＞⑥プラスチック2.1%＞⑦食料品1.7%＞⑧非製造業0.8%＞⑨化学工業0.7%である。

(2-2) 用途別のロボット国内出荷・輸出推移（2013～2022年）

用途別のロボット国内出荷・輸出推移（2013～2022年）は、図表4の通りであるが、台数ベースだけを掲示して

いる。

国内出荷に関しては、台数ベースでは、2013年から2022年への推移を増減率を算出して見ると、樹脂成形178.3%、溶接120.7%、塗装169.1%、ロード/アンロード205.8%、一般組立157.5%、電子部品実装81.4%、ボンディング167.1%、入出荷134.3%、マテハン210.1%、クリーンルーム326.3%、その他229.4%、計192.2%であり、総じて倍近く増加しているが、電子部品実装だけは減少しており、クリーンルームは突出して3倍超に増加し、ロード/アンロードとマテハンとその他も2倍超に増加している¹⁶⁾。各用途の全用途に占める比率を算出して見ると、樹脂成形7.7%→7.2%、溶接20.4%→12.8%、

16) マテハンとは、Material handling の略称で、搬送・移動を意味し、ボンディング (bonding) とはボディへの部品等の接合を意味し、ロード/アンロードは加工対象物 (ワーク) の取り付け/取り外しを意味する (日刊工業新聞社編 (2022) pp.72-73等)。

図表4 用途別ロボット国内出荷・輸出推移（2013～2022年）

年	樹脂成形	溶接	塗装	ロード/ アンロード	一般組立	電子部 品実装	ボンディング	入出荷	マテハン	クリーン ルーム	その他	計
国内出荷												
2013	2,103	5,572	320	1,191	4,401	1,245	854	1,038	3,602	4,821	2,128	27,275
2014	2,696	7,023	463	1,855	5,634	1,436	820	1,426	5,058	3,462	2,246	32,119
2015	2,949	6,456	606	2,268	7,244	1,361	922	1,522	6,133	5,073	3,169	37,703
2016	3,072	8,511	593	1,869	6,747	1,263	2,125	1,577	6,900	5,889	4,050	42,596
2017	3,354	7,998	716	2,589	7,153	1,660	644	1,747	8,109	10,923	4,278	49,171
2018	4,896	9,556	546	2,704	8,725	1,620	893	1,975	9,924	12,301	5,929	59,068
2019	4,506	8,986	635	2,282	7,584	1,296	1,394	1,932	10,259	10,228	4,510	53,612
2020	2,257	5,804	525	1,480	5,920	880	1,122	1,695	7,272	10,626	4,074	41,655
2021	3,911	6,449	651	1,965	7,192	926	1,605	1,742	7,506	12,544	5,459	49,950
2022	3,749	6,726	541	2,451	6,931	1,013	1,427	1,394	7,569	15,733	4,881	52,415
輸出												
2013	4,713	26,679	1,252	4,182	7,954	7,495	4,512	1,924	15,234	6,079	3,590	83,614
2014	4,623	35,349	1,258	4,297	15,729	8,929	3,250	1,833	20,688	6,005	3,254	105,215
2015	4,924	35,148	1,650	5,709	15,265	8,168	4,800	2,591	24,060	11,195	4,308	117,818
2016	4,370	31,965	1,569	4,541	18,401	8,397	8,770	2,428	34,362	14,167	4,042	133,012
2017	5,536	41,321	2,042	9,318	32,415	12,418	3,229	2,026	50,578	19,735	5,598	184,215
2018	6,397	36,682	2,252	8,590	37,505	13,501	4,015	2,389	46,820	18,568	6,340	183,059
2019	5,027	26,398	1,506	7,414	30,184	11,493	3,843	2,026	30,524	11,861	12,735	143,011
2020	3,002	27,000	1,232	7,222	26,304	14,468	3,020	2,352	38,510	17,008	14,828	154,946
2021	5,047	40,055	1,937	5,881	33,269	18,760	4,749	4,011	61,941	20,912	15,124	211,686
2022	4,505	40,228	2,035	12,133	26,934	16,020	5,361	4,455	69,885	26,129	22,834	230,519

（出典：日本ロボット工業会編（2023）p.14、単位：台数（台）、2表を1表の合体・改変筆者）

塗装1.2%→1.0%、ロード/アンロード4.4%→4.7%、一般組立16.1%→13.2%、電子部品実装4.6%→1.9%、ボンディング3.1%→2.7%、入出荷3.8%→2.7%、マテハン13.2%→14.4%、クリーンルーム17.7%→30.0%、その他7.8%→9.3%へと推移しており、浮沈が少なくない。溶接と一般組立とマテハンとクリーンルームが、2桁台の比率で多いが、そのうち溶接が大幅に減少し、一般組立が少なくない減少をし、マテハンは多少増加し、クリーンルームは著しく増加している。それら4用途より比率

が少ない用途のうち、樹脂成形・塗装・電子部品実装・ボンディング・入出荷が減少し、ロード/アンロード・その他が増加している。ロボットに如何なる用途を求めているのか、その交代が様々に現象していると言えよう。需要産業側の要件の変化とロボットの構成要素の様々な進化が相乗作用を起こしているのであろうから、立ち上がった探索が求められる。ちなみに、2022年の台数ベースでの比率を算出した多寡の順位は、①クリーンルーム30.0%>②マテハン14.4%>③一般組立13.2%>④

溶接12.8% > ⑤その他9.3% > ⑥樹脂成形7.2% > ⑦ロード/アンロード4.7% > ⑧ボンディング2.7% > ⑨入出荷2.7% > ⑩電子部品実装1.9% > ⑪塗装1.0%である。

輸出に関しても、台数ベースでの増減率を算出すると、樹脂成形95.6%、溶接150.8%、塗装162.5%、ロード/アンロード290.1%、一般組立338.6%、電子部品実装213.7%、ボンディング118.8%、入出荷231.5%、マテハン458.7%、クリーンルーム429.8%、その他636.0%、計275.7%であり、総じて2と3/4倍超増加しているが、輸出では樹脂成形だけが減少し、その他は6倍超、マテハンとクリーンルームが4倍超、一般組立が3倍超、ロード/アンロードと入出荷が2倍超といずれも大幅に増加している。

各用途の全用途に占める比率を算出すると、樹脂成形5.6% → 2.0%、溶接31.9% → 17.5%、塗装1.5% → 0.9%、ロード/アンロード5.0% → 5.3%、一般組立9.5% → 11.7%、電子部品実装9.0% → 6.9%、ボンディング5.4% → 2.3%、入出荷2.3% → 1.9%、マテハン18.2% → 30.3%、クリーンルーム7.3% → 11.3%、その他4.3% → 9.9%へと推移しており、浮沈が少なくないのはもとより、国内とは用途別の比率の多寡が相当に異なっている。溶接とマテハンは多いが、それでも溶接は大幅に減少し、マテハンは大幅に増加している。2桁前後の用途でも、一般組立は増加、電子部品実装は減少、クリーンルームは増加、その他は増加している。クリーンルームが国内では顕著に多いのに対し、輸出ではそれほどでもないのは、半導体産業のウエイトの軽重の反映であろうかと思われる。ちなみに、2022年の台数ベースでの比率を算出した多寡の順位は、①マテハン30.3% > ②溶接17.5% > ③一般組立11.7% > ④クリーンルーム11.3% > ⑤その他9.9% > ⑥電子部品実装6.9% > ⑦ロード/アンロード5.3% > ⑧ボンディング2.3% > ⑨樹脂成形2.0% > ⑩入出荷1.9% > ⑪塗装0.9%である。国内との差異は、主として国内と海外の需要産業の態様あるいは要件によるものと言えようか。

(2-3) 国・地域別のロボット出荷推移 (2013~2022年)

国・地域別のロボット出荷推移 (2013~2022年) は、図表5の通りであるが、台数ベースだけを掲示している。大地域別に関しては、台数ベースで2013年から2022年への推移を増減率を算出して見ると、アジア312.2%、米大陸209.5%、欧州255.5%、その他587.4%、計275.7%

であり、総じて209.5%ないし255.5%以上増加しているが、アジアの増加が最も多い (その他の増加率が最大ではあるが、起点が少なかったからである)。各地域の全地域に占める比率を算出して見ると、アジア54.8% → 62.0%、米大陸28.9% → 22.0%、欧州15.6% → 14.4%、その他0.7% → 1.6%へと推移しており、アジアが50%台半ばから60%台超へ増加し、米大陸と欧州が減少したが、米大陸は大きく減少し、欧州は小幅に減少しており、その他が多少増加していることになる。

個々の国・地域を見ると、2013年 (起点) では1番手が中国・アメリカ、2番手が韓国・ドイツ、3番手が台湾・タイであったが、2022年 (直近点) では1番手が中国・アメリカ、2番手が韓国・ドイツ・その他欧州 (主要8カ国を除く地域)、3番手がシンガポール・台湾、4番手としてタイ・インド・メキシコ・その他米大陸 (主要3カ国を除く地域) となっている。算出した増加率が著しいのは、シンガポール785.5%と中国419.7%、次いでインド230.8%やベトナム205.2%であり、それ以外では起点の台数が少なかったマレーシア351.0%・メキシコ813.0%・ハンガリー207.5%・イギリス217.9%・スペイン474.7%・その他アジア (主要9カ国・地域を除く地域) 325.4%・その他米大陸1970.4%・フランス1585.2%である。逆に算出した減少率が著しいのは、スウェーデン39.8%・インドネシア74.1%であり、減少ではないが横ばいのタイも全般的な増加傾向の中では目立つと言える。

(3) 世界の産業用ロボット動向

国際ロボット連盟 (International Federation of Robotics: IFR) の“World Robotics 2023”により、世界の動向を見ることにする。数値はいずれも1,000台単位の概数である。世界における産業用ロボットの設置台数推移 (2013年~2022年) は、図表6-1の通りであるが、2013年を起点として、2022年までの推移を増減率を算出して見ると、2014年124.2%、2015年142.7%、2016年170.8%、2017年224.7%、2018年237.6%、2019年217.4%、2020年219.1%、2021年295.5%、2022年310.7%となっており、2019年と2020年がコロナ禍の影響により低下していることを除けば概ね増加傾向にあり、直近の2022年にはピークを画している。

地域別の設置台数推移 (2018年~2022年) は、図表6-2の通りであるが、2018年を起点として、2022年まで

図表5 国・地域別ロボット出荷推移 (2013~2022年)

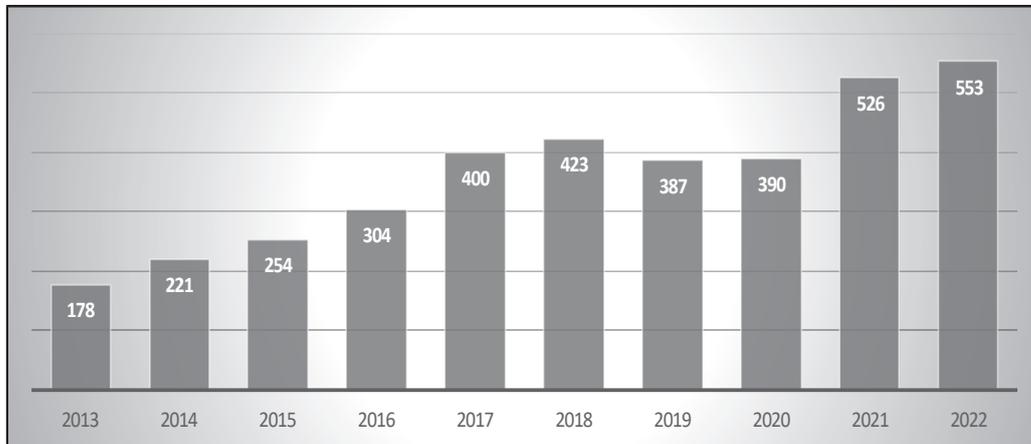
国・地域	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
アジア	45,796	57,719	63,999	78,614	116,677	113,312	89,837	103,850	143,376	142,957
中国	23,801	34,305	34,293	44,500	71,048	71,134	55,373	70,367	102,528	99,892
韓国	8,297	8,516	12,090	12,796	12,655	12,969	11,418	10,181	11,456	12,160
台湾	4,229	4,741	6,543	7,328	9,479	9,726	7,128	6,375	7,951	7,858
タイ	3,407	3,802	2,794	2,761	3,267	4,902	3,653	3,053	4,171	3,409
シンガポール	1,110	1,103	1,672	2,355	4,146	4,143	2,632	4,929	7,668	8,719
マレーシア	565	716	978	2,382	2,712	1,946	1,247	1,456	1,655	1,983
インドネシア	1,222	1,263	1,141	953	957	1,359	1,371	808	922	905
インド	1,449	1,707	1,722	2,041	2,352	3,504	3,170	2,207	3,828	3,344
ベトナム	746	728	745	1,776	8,092	1,682	2,250	2,955	1,680	1,531
その他アジア	970	838	2,021	1,722	1,970	1,947	1,595	1,519	1,517	3,156
米大陸	24,192	28,716	30,076	32,064	38,610	35,830	29,349	30,216	41,116	50,686
アメリカ	23,124	27,588	28,711	31,248	37,248	34,159	26,437	24,127	34,545	43,295
メキシコ	378	392	808	406	767	869	799	1,074	2,264	3,073
ブラジル	511	326	333	234	162	331	650	429	727	791
その他米大陸	179	410	224	176	433	471	1,463	4,586	3,580	3,527
欧州	13,006	18,014	22,746	21,327	27,910	32,731	22,824	20,012	24,993	33,234
ドイツ	8,244	12,897	16,365	14,872	20,668	23,576	6,905	5,941	7,409	10,483
スウェーデン	2,494	2,899	3,800	3,658	4,170	5,442	2,920	1,158	1,004	993
ハンガリー	53	80	148	208	101	252	179	103	118	110
イタリア	537	392	454	437	400	322	880	596	747	658
イギリス	95	166	168	148	645	237	342	192	196	207
フランス	115	124	222	272	191	416	2,373	1,227	1,092	1,823
スペイン	79	84	89	115	75	106	386	400	290	375
オランダ	128	190	132	202	171	236	1,767	822	1,017	1,251
その他欧州	1,261	1,182	1,368	1,415	148	2,144	7,072	9,573	13,120	17,334
その他	620	766	997	1,007	1,018	1,187	1,001	868	2,201	3,642
計	83,614	105,215	117,818	133,012	184,215	183,059	143,011	154,946	211,686	230,519

(出典：日本ロボット工業会編 (2023) p.36、単位：台数 (台))

の推移を増減率を算出して見ると、アジア/オーストラリアは89.8%→96.5%→135.6%→142.6%、ヨーロッパは97.4%→86.8%→107.9%→110.5%、米州は85.5%→70.9%→94.5%→101.8%となっており、アジア/オーストラリアは大幅な増加、ヨーロッパと米州はやや小幅な増加と言える。各地域の全地域に占める比率を算出して推移

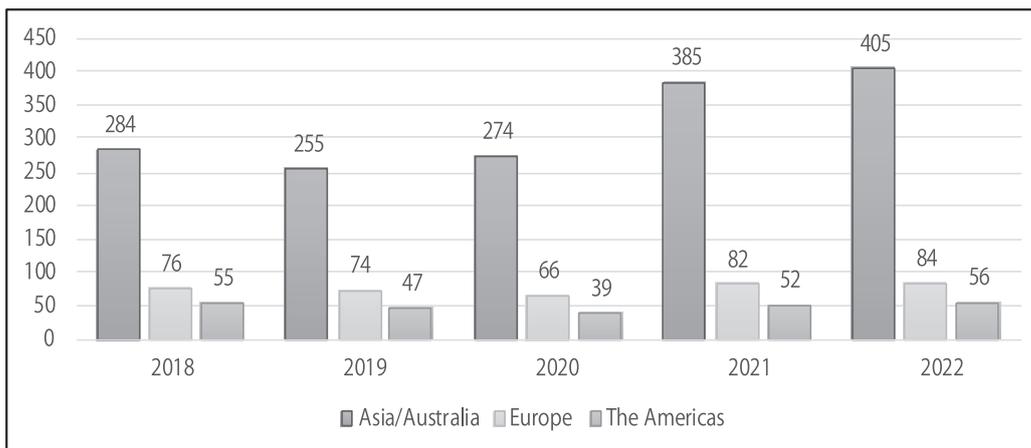
を見ると、アジア/オーストラリアは68.4%→67.8%→72.3%→74.2%→74.3%、ヨーロッパは18.3%→19.7%→17.4%→15.8%→15.4%、米州は13.3%→12.5%→10.3%→10.0%→10.3%となっており、アジア/オーストラリアが概ね増加傾向にあるのに対し、それに伴ってヨーロッパと米州は減少傾向にあると言える。

図表 6-1 世界の産業用ロボット動向（産業用ロボットの設置台数推移）



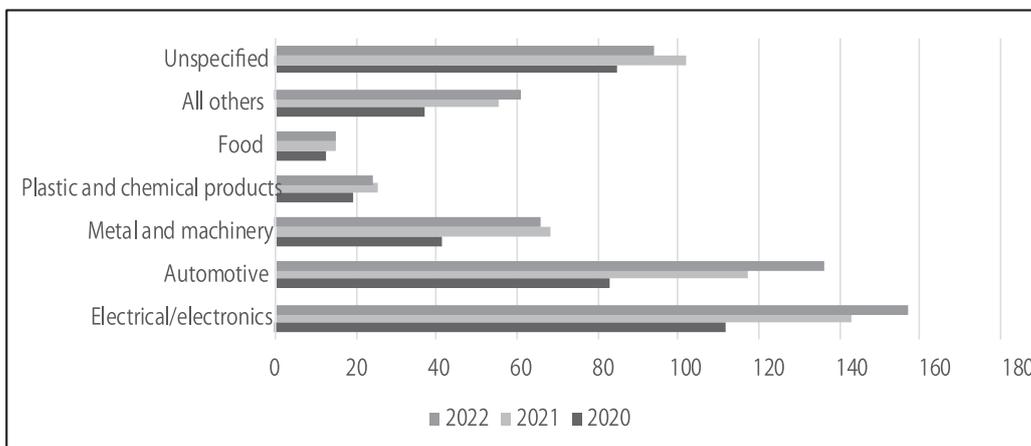
(出典：IFR (2023) p.10、単位：台数 (1,000台))

図表 6-2 世界の産業用ロボット動向（産業用ロボットの地域別設置台数推移）



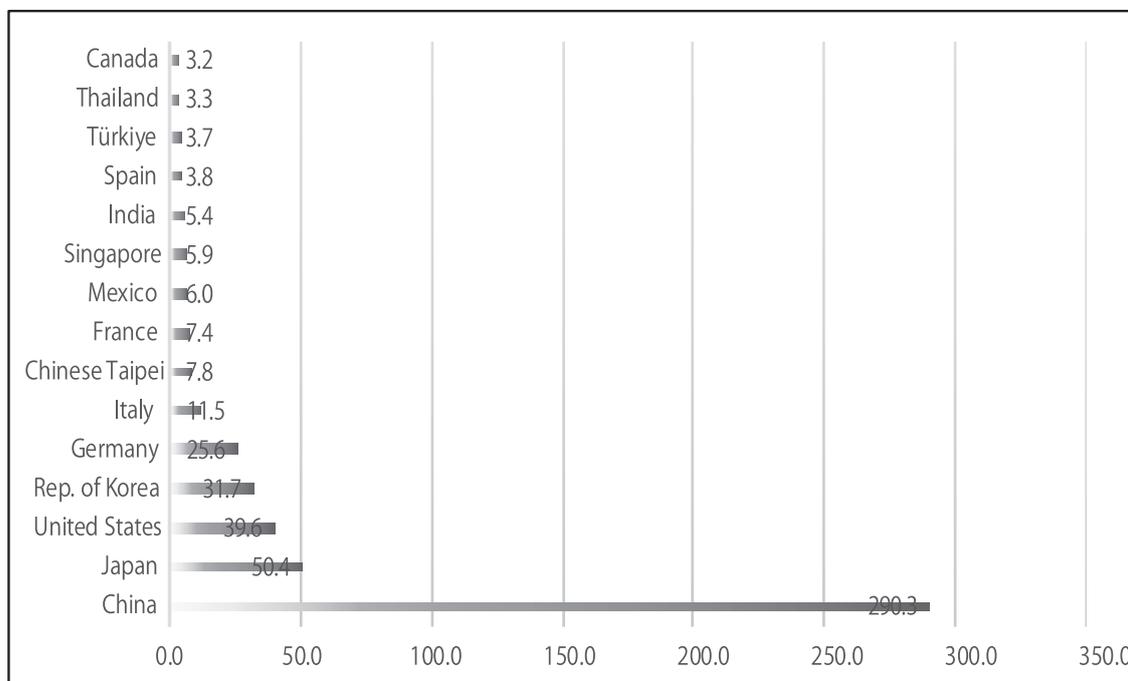
(出典：IFR (2023) p.12、単位：台数 (1,000台))

図表 6-3 世界の産業用ロボット動向（産業用ロボットの産業別設置台数推移）



(出典：IFR (2023) p.16、単位：台数 (1,000台))

図表 6-4 世界の産業用ロボット動向（産業用ロボットの主要マーケットにおける設置台数推移）



(出典：IFR (2023) p.17、単位：台数 (1,000台))

産業別の設置台数推移（2020年～2022年）は、図表 6-3の通りであるが、2020年を起点として、2022年までの推移（増減）を抽出し算出して見ると、Electrical/electronics（電気・電子産業）は112千台→143千台（127.7%）→157千台（140.2%）、Automotive（自動車産業）は83千台→117千台（141.0%）→136千台（163.9%）、Metal and machinery（金属・機械産業）は41千台→68千台（165.9%）→66千台（161.0%）、Plastic and chemical products（プラスチック・化学産業）は19千台→25千台（131.6%）→24千台（126.3%）、Food（食品業）は12千台→15千台（125.0%）→15千台（125.0%）、All others（その他産業）は37千台→55千台（148.6%）→61千台（164.9%）、Unspecified（産業不特定）は85千台→102千台（120.0%）→94千台（110.6%）となっており、自動車産業と金属・機械産業が大幅に増加し、電気・電子産業が次いで増加し、プラスチック・化学産業と食品業はやや小幅の増加に留まっていると言える。その他産業も大幅な増加ではあるが、様々な産業の集合値なので、内訳は不明である。各産業の全産業に占める比率を算出して推移を見ると、電気・電子産業は28.8%→27.2%→28.4%、自動車産業は21.3%→22.3%→24.6%、金属・機械産業は

10.5%→13.0%→11.9%、プラスチック・化学産業は4.9%→4.8%→4.3%、食品業は3.1%→2.9%→2.7%、その他産業は9.5%→10.5%→11.0%、産業不特定は21.9%→19.4%→17.0%となっており、やはり電気・電子産業と自動車産業の比率が圧倒的に多く、両産業を合わせると50%超である。但し、自動車産業は増加傾向にあるが、電気・電子産業は全般的な増加傾向の中で横ばい程度である。それ以外の産業も、増減の違いはあるものの凡そ横ばい程度に留まっている。なお、日本ロボット工業会とIFRの産業分類は異なっているので、比較照合は難しい。

2022年における主要マーケット（国・地域）の設置台数（1,000台単位）は、図表 6-4の通りであるが、10,000台を超えているのは、中国・日本・米国・韓国・ドイツ・イタリアの6カ国であり、中国の多さが突出していることが一目瞭然である。

5. 産業用ロボットに関わる労働安全衛生

産業用ロボットに関して、逸してはならないのは、産業用ロボットによる作業員等の人身事故である。中央労働災害防止協会編の労働安全衛生規則によると、「昭和

57年に旧労働省（現厚生労働省）が実施した190事業場に対する産業用ロボットの労働災害等に関する実態調査結果では、昭和53年以降に2件の死亡災害を含む11件の労働災害が発生し、労働災害にいたらないまでもマニピュレータに接触しそうな事案が37件あることが把握され、「これらの災害防止の対策を講じるために昭和58年、労働安全衛生規則が改正された」とのことである¹⁷⁾。

厚労省の2013年時点の資料によると、産業用ロボットに起因する労働災害の発生は2003（平成15）年から2012（平成24）年の10年間において、休業4日以上死傷者数372人、うち死亡者数26人である。2008（平成20）年から2012（平成24）年の「直近5年の死亡災害（9件）はいずれも、産業用ロボットの稼働中に、柵、囲いの中に立ち入り、挟まれたことが原因」とのことである¹⁸⁾。

中央労働災害防止協会によると、「産業用ロボットの主要構成部品と故障の際に予想されるトラブル」、「自動化ラインの産業用ロボットの災害パターン」、「産業用ロボットによる災害発生原因のFTA的分析」（フォールト・ツリー・アナリシス＝欠陥関連樹法）、労働災害事例（1例）の概要・原因・対策を取上げている¹⁹⁾。同協会編の教育用テキストでも、災害事例3例の発生状況・原因・再発防止対策を取上げている²⁰⁾。

労働安全衛生規則の産業用ロボットに係る改正は、上述した1983（昭和58）年のものが殆どであるが、「①あらかじめ労働者が産業用ロボットの可動範囲内に立ち入ることが予定されている作業についての安全対策」と「②自動運転中に突発的に可動範囲内に立ち入らなければならない場合の安全対策」についての規制がなされている。該当条項は、特別教育（第36条第31号、第36条第32号）、機械による危険の防止の一般基準（第107条、第108条）、産業用ロボットの安全基準（第150条の3～第151条）である²¹⁾。

2000年代以降の上掲した労働災害の事例等は、既存の規制の想定の内枠の中で、新たな改正の必要性はない

と判断されているのであろうか。しかし、産業用ロボットによる労働災害は引き続き発生していることは紛れもない事実である。

なお、日本工業規格では、産業用ロボットの安全のために、ロボット本体とロボットシステム及びインテグレーションに関する安全規格を各々定めている（JIS B 8433-1:2015（ISO 10218-1:2011）、JIS B 8433-2:2015（ISO 10218-2:2011））。但し、一般的な法と同様、遡及適用はせず、「この規格は、この規格の制定日以前に製造されたロボットには適用しない」のであり、また罰則規定等はないので²²⁾、実効性は不分明である。

6. おわりに

1（章）はじめにでは、ロボット産業を何故取上げるのか、どのように捉えるのかという問題提起を行なった。2（章）産業用ロボットの概観では、（1）（節）ロボットの定義としてJIS規格等を援用し、（2）（節）産業用ロボットの分類並びに構成要素は西田麻美による6つの分類を取上げ、構成要素としてはロボット本体と制御装置側の諸要素を確認し、概観を行なった。3（章）ロボット産業略史では、（1）（節）楠田喜宏と（2）（節）小平紀生の把握した時代区分により、1970年代から2010年代までを、「揺籃期（1970年代初頭以前）」、「勃興期（1970年代前半）」、「停滞期（1970年代後半）」、「高度成長期（1980年代）」、「バブル崩壊後（1990年代前半以後）」、「グローバル化する産業ロボット市場（2000年代）」、「中国市場の急拡大による世界市場の急成長（2010年代）」というように簡略に追認した。4（章）ロボット産業の近年の趨勢では、（1）（節）ロボット産業の市場動向として、経済産業省の2019年の報告書により、日本・世界・中国の市場動向を瞥見した上で、（2）（節）ロボット産業の近年の主要な趨勢として、日本ロボット工業会の資料（2023年版）により、2013年から2022年への推移を（2-1）（節）需要産業別国内出荷、（2-2）（節）用途別国内出荷・輸出、（2-3）（節）

17) 中央労働災害防止協会編（2020）p.1

18) 厚生労働省労働基準局安全衛生部安全課（2013）p.2

19) 中央労働災害防止協会編（2020）pp.83、84-86、89-93

20) 中央労働災害防止協会編（2019）pp.279-283

21) 中央労働災害防止協会編（2020）pp.13-17、25-65

22) 日本規格協会（2015a）、日本規格協会（2015b）

国・地域別出荷に関して台数並びに金額の図表を掲示して把握した。加えて、(3)(節)世界の産業用ロボット動向を、国際ロボット連盟の資料(2023年版)により、地域別の設置台数推移(2018年～2022年)、産業別の設置台数推移(2020年～2022年)、2022年における主要マーケット(国・地域)の設置台数(1,000台単位)に関して図表を掲示して把握した。5(章)産業用ロボットに関わる労働安全衛生では、ロボットによる死亡を含めた労働災害が近年においても発生していることに注意を喚起した。

これらの分析等から導出できることを指摘する。今後ロボット産業が更に大きく成長し得るかと言えば、やや疑問符が付く。何故か。アジア市場はまだ成長途上にあるが、日本・米国・欧州(特にドイツ等の先進国)の伸びしろは左程ないと見做せるからである。しかも、先進国経済では、第二次産業が成熟産業化し、第三次産業が主要産業に移行して久しい。そこでは、製造業で使用されているようなロボットではなく、ソフトロボット、「人に優しいロボット」と喧伝されているようなロボットでなければ、第三次産業ないし生活の場面での使用には対応できない。接客、介護、癒し系等である。それらが、利便性、安全性、費用対効果等において、真に実用化に耐え得るようなものの製品化が待望されている。人口減少の長期趨勢下、少子高齢化、それに伴う限界集落や孤独死等への支援を成し得るソフトロボットに活路があるのではないだろうか。

本稿は、副題で示唆したように、ロボット産業の前梯的考察であり、次稿の後梯的考察において、ロボットメーカーの財務分析を遂行する予定である。これをもって、一応の完結となる。更に、本稿等は専ら産業用ロボットを対象としたが、上述したように、ソフトロボットあるいは第三次産業対応のロボットの可能性を探索しなければ、ロボット産業あるいはロボットメーカーの今後の可能性を的確に見通すことはできない。これは、今後の別途の課題である。

参考文献

- ・中央労働災害防止協会編(2019),『産業用ロボットの安全必携—特別教育用テキスト—』中央労働災害防止協会
- ・中央労働災害防止協会編(2020),『改訂 労働安全衛生規則の解説 産業用ロボット関係』中央労働災害防止協会
- ・International Federation of Robotics(2023), *World Robotics 2023*, International Federation of Robotics
- ・楠田喜宏(2004),『産業用ロボット技術発展の系統化調査』(国立科学博物館技術の系統化調査報告第4集)国立科学博物館
- ・厚生労働省労働基準局安全衛生部安全課(2013),「労働安全衛生法における産業用ロボット規制の概要」資料1-1、厚生労働省(<https://www8.cao.go.jp/kisei-kaikaku/kaigi/meeting/2013/wg/sogyo/130419/item1-1.pdf>, 2023/12/15, 17:09検索)
- ・小平紀生(2023),『産業用ロボット全史 自動化の発展から見る要素技術と生産システムの変遷』日刊工業新聞社
- ・日刊工業新聞社編(2022),『トコトンやさしいロボットの本 第2版』日刊工業新聞社
- ・西田麻美(2022),『産業用ロボット The ビギニング』日刊工業新聞社
- ・日本規格協会(2015),『JIS B 0134:2015 ロボット及びロボティックデバイス—用語 Robots and robotic devices — Vocabulary』JIS B 0134 (ISO 8373:2012) ロボット及びロボティックデバイス—用語』日本規格協会
- ・日本規格協会(2015a),『JIS B 8433-1:2015 ロボット及びロボティックデバイス—産業用ロボットのための安全要求事項—第1部:ロボット Robots and robotic devices — Safety requirements for industrial robots — Part 1: Robots』(ISO 10218-1:2011)日本規格協会
- ・日本規格協会(2015b),『JIS B 8433-2:2015 ロボット及びロボティックデバイス—産業用ロボットのための安全要求事項—第2部:ロボットシステム及びインテグレーション Robots and robotic devices — Safety requirements for industrial robots — Part 2: Robot systems and integration』(ISO 10218-2:2011)日本規格協会
- ・日本ロボット工業会編(2023),『ロボット産業需給動向2023年版(産業ロボット編)』日本ロボット工業会
- ・ロボット政策研究会(2006),『ロボット政策研究会報告書～RT 革命が日本を飛躍させる～』ロボット政

策研究会（経済産業省）

- ・ロボットによる社会変革推進会議（2019）、『ロボットを取り巻く環境変化と今後の施策の方向性～ロボット

による社会変革推進計画～』ロボットによる社会変革推進会議（経済産業省）